

**ATP « Application de la modélisation architecturale à la  
sélection des plantes pérennes »**

**Rapport de Mission**

**4-11 Décembre 1997**

**UR2PI, Pointe-Noire, Congo**

**C. Godin, P. Ferraro**

# 1. Objet de la mission

Cette mission avait pour but de mettre en place des protocoles d'observation sur des essais de clones d'Eucalyptus plantés par l'UR2PI au Congo (Pointe-Noire), dans le cadre de l'ATP « Application de la modélisation architecturale à la sélection des plantes pérennes ».

**Objectif scientifique** : nous cherchons dans un premier temps à identifier des caractères architecturaux précoces qui pourraient être corrélés ou même expliquer l'allure du clone lorsque celui-ci atteint son âge d'exploitation (i.e. vers 7 ans). Pour cela, nous mettons en place plusieurs essais identiques, espacés dans le temps de 6 mois à un an. Chaque essai représente un ensemble de 23 clones issus de bouture, avec répétition. A chaque étape de développement de la plante (bouture, 6 mois, 1 an, 2 ans, 3 ans), nous définissons un protocole de mesure relativement détaillé de l'architecture, qui nous permettra d'explorer les caractéristiques architecturales et d'étudier les variabilités intra et inter clone.

Au cours de cette mission, nous avons défini les protocoles d'observation à 6 mois (**protocole B**) et à un an (**protocole C**).

# 2. Matériel végétal

Une première mission de préparation de l'ATP effectuée en Octobre 1997 par C. Cilas et C. Godin avait permis d'identifier le matériel végétal disponible et de décider, conjointement avec J.M. Bouvet, représentant du CIRAD au Congo et membre de l'UR2PI, de la mise en place d'une série d'essais sur des clones obtenus par bouturage d'individus provenant d'un plan de croisement UROPHYLLA x GRANDIS. Au cours de cette mission, un premier protocole d'observation des boutures avait été défini, dit **protocole A**. Ce protocole a été mis en oeuvre en pépinière, à la fin de l'année, sur un ensemble de 380 plants représentant un total de 23 clones différents. Cet ensemble contient un nombre très variable d'individus vivants par clone. Les données concernant ce relevé ont été saisies à l'UR2PI dans le courant de l'année 97.

Ces boutures ont été placées en champs en Déc. 96. Certaines ont dû être repiquées environ 1 mois après, à cause d'une forte mortalité due à des attaques de termites. Un traitement chimique approprié a permis d'arrêter l'attaque.

Un second essai a été mis en place 6 mois après sur les mêmes bases que l'essai n°1. Toutefois les boutures n'ont pas cette fois été décrites (le protocole A n'a pas été appliqué à l'essai n°2).

Au moment de la mission (4-10 Déc. 97), le matériel végétal était donc composé de deux essais, l'un pour lequel les plantes sont âgées d'environ 6 mois (leur hauteur variant de 0.8 à 2m) et l'autre d'un an (hauteur variant de 2 à 6m).

# 3. Protocoles d'observation

Chacun des protocoles B (à 6 mois) et C (à un an) consiste en une description à plusieurs niveaux.

- description du clone : cette description caractérise l'ensemble des individus d'un même clone observés dans un même bloc. Elle permet d'avoir une vue d'ensemble de l'architecture et des caractères remarquables d'un clone particulier.

- description globale de l'individu : pour chaque individu sur le terrain, une appréciation d'ensemble est donnée qui caractérise l'état de développement de cet individu précis.
- niveau détaillée de l'individu : l'architecture de chaque individu est également décrite plus précisément en utilisant la méthodologie de description développée à l'unité de modélisation des plantes. Cette description contient elle même en général une partie très détaillée et une partie un peu plus synthétique car il n'est pas possible de décrire les plantes à un niveau de détail maximum exhaustivement.

Le développement de chaque individu, de chaque essai sera décrit à l'aide des protocoles A, B, C, ... Nous aurons donc une sorte de suivi de croissance de chaque individu avec un intervalle de temps de l'ordre de l'année. C'est pourquoi les protocoles B et C ont été réalisés de manière à ce que des recoupements d'information puissent être effectués sur les plantes ayant différents stades de développement. Ainsi, le détail de la ramification du tronc jusqu'à une hauteur de 2 m est décrit dans le protocole B comme dans le protocole C. Chacun des protocoles doit être pensé de manière à ce que nous soyons capables de retrouver dans le jeune âge les événements qui ont pu être à l'origine de telle ou telle caractéristique à un stade de développement ultérieur. La difficulté majeure de ces protocoles provient du pas de temps annuel qui ne nous permet pas, à chaque stade, de décrire la plante avec le même niveau de détail.

**Estimation du temps d'observation** : le temps d'observation est estimé à 45 minutes par individu pour le protocole B comme pour le protocole C. Ce qui compte tenu des conditions d'observation devrait conduire à une moyenne de 7 à 8 individus observés par jour plein en régime de croisière. La saisie des fiches terrain dans un tableur (Excel est recommandé) est estimé à 20 à 25 minutes par plantes, soit 15 à 20 plantes par jour plein.

Les protocoles B et C détaillés sont fournis en annexe.

## 4. Conclusion et Perspectives

A l'issue de cette mission, voici l'ensemble des remarques et des perspectives qui ressortent de ce travail et des discussions avec Jean-Marc Bouvet.

- Un troisième essai sera mis en place en Mars/Avril 98, soit un an après l'essai n°2.
- Identification d'un interlocuteur pour l'ATP au CIRAD Forêt en France. Il serait en effet souhaitable qu'un chercheur du CIRAD Forêt en France suive le développement de cette ATP et participe le cas échéant à la réflexion et aux analyses.
- DEA/DESS de F. Dembi. Un budget de formation (de 42000frs) a été demandé dans le cadre de l'ATP. Celui-ci pourrait-être attribué à F. Dembi, de l'UR2PI, afin d'effectuer un DESS ou un DEA dans le courant de l'année universitaire 98-99. La nature de la formation reste à identifier. Jean-Marc Bouvet se charge de contacter les différentes formations possibles et à déterminer celle qui sera retenue. Il est entendu que F. Dembi viendra en France pour les cours et fera son stage au Congo, à l'UR2PI, sur le matériel végétal mis en place pour cette ATP.
- Achat de petit matériel: un pied à coulisse électronique sera acheté en France et envoyé au Congo au plus tôt pour réaliser les mesures de terrain.
- Prévision de budget pour le Congo. Voici la prévision de budget sur la durée totale de l'ATP pour ce qui concerne l'Eucalyptus :

	« 1997 »	« 1998 »	« 1999 »	<i>Total</i>
Missions	25000	30000	30000	85000
Matériel		5000		5000
Formation		22000	20000	42000
Observation		12200	18000	30200
	25000	69200	68000	162200

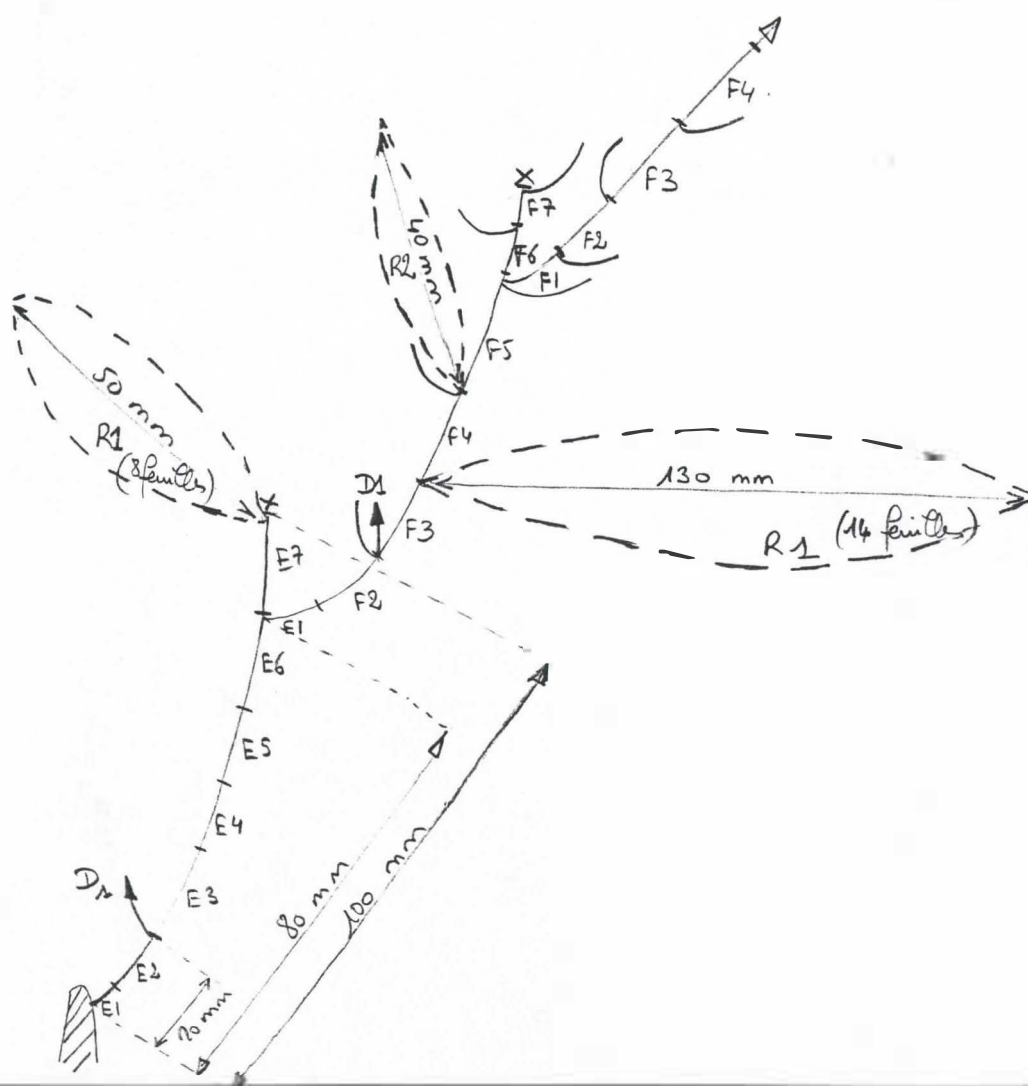
- Possibilité de thèse en 98/99. Cette étude de l'utilisation des caractères architecturaux dans les méthodes de sélection revêt une importance particulière par son caractère novateur. La grande quantité de données à analyser et la mise au point de techniques de sélection adaptées aux caractères architecturaux justifieraient pleinement un travail de thèse qui pourrait démarrer dans le cadre de cette ATP. La thèse se déroulerait au Congo, de manière à être le plus proche possible du matériel végétal et des produits attendus. Le financement de cette thèse, ainsi que le candidat éventuel, restent à déterminer. La faisabilité de ce projet sera étudiée dans la première moitié de l'année 98.
- L'analyse des données collectées à l'aide des protocoles A, B, C sera effectuée dans l'année 97 conjointement par C. Godin, Y. Guédon, C. Cilas (+ éventuel interlocuteur au CIRAD-Forêt) en France, et par J.M Bouvet et F. Dembi au Congo.
- Mission Godin/Guédon fin 98, pour la mise en place d'un protocole D et un retour sur les arbres des deux premiers essais après les premières analyses et un an après.

## 5. Annexe 1. Protocole A.

Le protocole A concerne la description détaillée des plants issus de bouturage. Sur chaque individu, l'axe correspondant au tronc est tout d'abord repéré. Cet axe est le plus souvent constitué d'une suite de relais sympodiaux. Il est décrit entre-noeud par entre-noeud de la base vers le sommet, en notant pour chaque noeud délimitant le sommet de l'entre-noeud :

- s'il porte une feuille ou non,
- si il y a un démarrage visible de rameau,
- si il porte un système ramifié (on note alors le nombre total de feuilles contenues dans ce système ramifié et sa plus grande longueur, cf. dessin 1),
- sa hauteur par rapport à la base de l'axe botanique, chaque fois qu'il y a un démarrage, un relais, une mort d'apex ou un système ramifié.

Dessin 1. Protocole A : description détaillée d'une bouture.



La plante illustrée sur le dessin 1 se code comme suit :

Code			Longueur (mm)	Nb Feuilles
/P1				
^/A1				
^/E1<E2			20	
	+D1			
^<E3<<E6			80	
	<E7			
		+R1	50	8
	^<A1/M8		100	
^+E1<F2			20	
	+D1			
^<F3			110	
	+R1		130	14
^<F4			114	
	+R2		40	10
^<F5			120	
	<A2/F6<F7<M8		150	
^+F1<<F4				

## 5.1 corrections à apporter au fichier décrivant les boutures

Les observations concernant les boutures de l'essai n°1 ont été saisies dans le courant de l'année 97 par F. Dembi.

Après vérification, il est nécessaire d'apporter les corrections systématiques suivantes aux fichiers saisis :

1. Passer tous les fichiers sous Excel (notamment car dans Excel ils tiennent tous dans un seul fichier).
2. Mettre le code topologique à partir de la première colonne.
3. Mettre correctement les ^ : on met un ^ en début d'une case si l'entité qui suit le ^ est la suite d'une entité décrite au dessus dans **la même colonne**. Si on ne met pas le ^, cela signifie que l'entité décrite dans cette case est la suite de la dernière entité décrite dans **la colonne précédente**.
4. Chaque entité est obligatoirement représentée par trois signes, ex /E1 ou +A2 ou +R1 ou <E27.
  - Le premier signe définit le type de connexion avec l'entité précédente. Cela peut être '/' (« se décompose en ») ou bien '<' (« est suivit sur le même axe par ») ou bien encore '+' (porte).
  - Le second signe représente le type d'entité considéré (P pour « plante », E pour « entre-noeud », F pour « entre-noeud feuillé », R pour « ramification », D pour démarrage, e pour « second noeud »).
  - Le troisième signe est un index qui permet d'identifier localement l'entité: E4 est le 4-ième entre-noeud de l'axe considéré.



5. il faut remplacer les R1, R1', R1'', etc. par R1, R2, R3, etc.
6. Il faut également remplacer E1E1' par E1<e1 (ou l'inverse e1<E1, cela n'a pas d'importance).
7. Lorsque l'on veut noter une série de noeuds ou de feuilles sans autres mesures, on peut écrire en raccourci: E1<E2<E3<...<E16<E17<E18 => E1<<E18. Autre exemple: F12<F13<F14<...<F21<F22<F23 => F12<<F23. On notera que les deux entités de chaque côtés du signe << doivent avoir le **même type**. Lorsque qu'une ligne comme F12<<F23 a un ou plusieurs attributs renseignés, il s'agit des attributs de F23 (et non de F12, F13, ..., ou F22). En outre, cette notation n'est donc pas possible si l'une des entités intermédiaire porte des attributs. Il faut dans ce cas couper l'expression au niveau de l'entité en question.
8. Mettre pour chaque P un index identifiant de façon unique chaque plante. (ex: P4 - 4-ième plante sur 5 dans l'unité expérimentale- devient P58 -58 i-ème individu sur 380 dans l'essai entier-).
9. De façon à homogénéiser le codage des plantes dans les 3 protocoles, enlever tous les A sauf le premier dans la première colonne de code (celle du tronc). En contre partie, rajouter un A devant les <E de la deuxième colonne. Il faut noter la longueur qui était renseignée sur les A supprimés au niveau du dernier noeud de l'axe supprimé, c'est à dire au niveau du E, F ou M en 2-ième colonne.
10. La seconde partie des saisies des boutures contient une description de la bouture elle même. Cette description doit être supprimée et mise au même format exactement que la première partie des saisies.

11. Il ne faut pas écrire :

<F1<<F3	D1
mais	
<F1	
	+D1
^<F2	
	+D1
^F3	
	+D1

## 6. Annexe 2: Protocole B

Le protocole B est relatif à l'observation des arbres dont la taille est entre 1m50 et 2m50 environ. Cette taille correspond à des arbres âgés d'environ 6 mois, issus de bouture.

Le protocole comprend une description de l'essai à différents niveaux d'observation :

- Le premier niveau correspond à une description synthétique du clone (une description pour chaque répétition du clone).
- Le second niveau correspond à une description synthétique de l'individu.
- Le troisième niveau correspond à une description détaillée de l'individu, i.e. de son tronc, d'une partie de ses branches et de ses rameaux.

### 6.1 Description synthétique du clone

Dans un bloc donné, l'ensemble des individus correspondant à un clone donné montre un certain nombre de caractères stables, qui ne dépendent pas de l'individu particulier que l'on considère. Les caractères stables que nous avons retenu au cours de la mission sont :

- le pourcentage d'individus ayant survécus (à la date d'observation),
- l'angle d'insertion des branches sur le tronc (qui au vu des premières observations semble être relativement constant). Cela serait à confirmer. Cet angle est exprimé en degrés (valeurs possibles: 30,45,60,90,120,150);
- la tendance à réitérer. Nous ne parlons ici que de réitération "vraie". Une réitération vraie est un axe qui ressemble très fortement au tronc de la plante. Cette ressemblance se traduit obligatoirement par les caractères suivants:
  - gros diamètre de base comparable à celui du tronc au point d'insertion;
  - la plus grande partie de l'axe, et notamment son extrémité, a une direction orthotrope (verticale), comparable à celle du tronc;
  - la phyllotaxie est alterne (par opposition à la phyllotaxie quasi-distique des branches normales) sur la partie orthotrope de la branche;
  - Toutes les catégories d'axes portés par le tronc à partir du point d'insertion de la branche se retrouvent sur la réitération. On pourra comparer pour cela l'ordre maximum atteint sur le tronc et sur l'axe: il doivent être égaux. La valeur de cette variable sera un chiffre entre 0 et 3 (0: pas une seule réitération vraie, sur aucun individu, 1: quelques réitérations mais pas sur tous les clones, 2: une réitération sur tous les clones, 3: plusieurs (>1) réitérations sur chaque individu.

Ces informations seront renseignées pour l'ensemble des répétitions sur une même fiche, ce qui permettra le rapprochement du comportement global du clone. Cette fiche est fournie en annexe (fiche B-1).

### 6.2 Description synthétique de l'individu

De la même manière, chaque individu peut être caractérisé par un certain nombre de variables synthétiques mesurables sur le terrain. Nous avons classé ces variables en trois catégories :



### 6.2.1 Aspect général.

L'aspect général concerne essentiellement l'impression de vigueur que donne l'individu. Il se traduit par deux notes :

- la vigueur de 1 à 5. Une vigueur de 1 correspond à un individu pas développé, resté sous forme de buisson. La note 2 représente un clone un peu plus développé que le précédent (plus gros) mais toujours buissonnant, avec possibilité d'un tronc qui commence à apparaître. Un 3 sera attribué à un individu ayant un tronc bien identifiable (sauf peut être dans sa partie apicale) et n'ayant pas de réitération vraie. Un 4 si l'individu comporte 1 réitération vraie, enfin la note 5 représente un arbre très feuillu, avec des réitérations, de grande taille, et possédant des branches et un tronc aux diamètres importants.
- l'attaque de 0 à 3, ainsi que l'origine possible de cette attaque.

### 6.2.2 Aspect géométrique du tronc.

L'aspect géométrique doit donner une indication sur l'allure générale de l'individu. Il se traduit par trois attributs:

- la rectitude du tronc, ((Droit, Sinueux, Courbé, Coudé, Fourchu, Buissonnant)
- l'angle moyen par rapport à la verticale donné en degré. Cet attribut indique l'inclinaison moyenne du tronc par rapport à la verticale,
- l'état de l'extrémité du tronc: érigée ou retombante.
- l'aspect de la base du tronc (Courbé, Droit, Fourchu, Coudé)
- Une évaluation de l'aspect accidenté du tronc (chiffré par 0 = pas accidenté, 1 = peu accidenté, 2 = très accidenté)

### 6.2.3 Ramification:

- hiérarchie tronc/branche, i.e. le tronc se dégage t-il bien des branches (Faible, Moyen, Fort).
- aspect des ramifications au niveau du tronc,
  - Homogénéité des diamètres: (Fort, Moyen, Faible)
  - Régularité de la répartition : (Fort, Moyen, Faible)
- état de la ramification sur les branches d'ordre 2, (Abondante, Intermédiaire, Rare)
- état de la ramification sur les rameaux d'ordre 3. (Abondante, Intermédiaire, Rare)

Cette fiche est fournie en annexe (partie droite DESCRIPTION GLOBALE DE L'ARBRE de la fiche B-2).

## 6.3 Description détaillée de l'individu

**Description détaillée du tronc :** La description détaillée de l'individu commence par celle du tronc. La première étape consiste en sa détermination de la base jusqu'au sommet de la plante, en repérant un chemin menant du point de référence à la base (1er entre-noeud) au sommet de l'arbre. Lorsque le tronc n'est pas véritablement identifiable en son sommet, on choisit le chemin menant au noeud le plus élevé.

On mesure ensuite le diamètre à la base du tronc puis la hauteur de la plante.

Enfin, en remontant la plante on effectue une description détaillée de chaque entre noeud composant le tronc. Pour chacun d'eux, on détermine s'il y a lieu:

- l'état de la ramification. Celle ci est codée de la façon suivante:
  - La lettre B indique que la ramification est une branche,
  - la lettre Q représente une “quasi réitération”, la branche commence à prendre l'aspect d'une réitération mais elle ne remplit pas entièrement les critères permettant de la désigner ainsi (cf. définition plus haut); c'est une réitération potentielle,
  - la lettre R représente une réitération établie.
- On donne l'azimut du noeud, en heure, le nord ayant l'azimut 12h.
- On renseigne l'angle d'inclinaison moyen de la branche.
- Tous les 10 entre-noeuds, on mesure le diamètre du noeud sur la tige (la mesure peut-être effectuée à vue pour un oeil exercé si le diamètre est inférieur à 10 mm, mais elle doit être effectuée avec le pied à coulisse s'il est supérieur à 10 mm) et la hauteur du noeud. On effectue cette mesure de façon exceptionnelle s'il y a un accident ou un changement marqué de diamètre.
- On note la hauteur par rapport au sol des noeuds portant les ramifications de tailles importantes: les réitérations ou les quasi réitérations.
- On indique si le noeud a subi une mort d'apex, auquel cas le noeud est considéré comme un relais qu'il faut noter dans la colonne prévue à cet effet.
- Il peut également y avoir des relais qui ne sont pas directement dus à la mort de l'apex de l'entre-noeud de la tige ou se trouve le relais. Il y a eu une perte de dominance de la tige qui se traduit par un changement d'axe (relais) sur le tronc. Il faut également noter le relais au niveau de l'entre-noeud en question.
- A chaque fois qu'il y a un relais ou une grosse ramification, le diamètre sur la tige peut être remarquablement différent avant et après la ramification. Pour prendre en compte ce phénomène, nous relèverons dans ce cas le diamètre de l'entre-noeud du tronc situé juste après la ramification (dans la colonne diam tige, au niveau de l'entre-noeud correspondant du tronc).
- Enfin, s'il y a un relais, on notera la déviation du relais par rapport à la tige initiale, en degrés (0,15,30,45,60,75,90,...), dans la colonne prévue à cet effet.

La fiche est fournie en annexe (partie gauche DESCRIPTION DU TRONC fiche B-2).

**Description détaillée des branches :** la description du tronc terminée, on décrit de façon détaillée les branches situées sur les 20 derniers entre-noeuds menant au sommet. Pour chacune d'elles on effectue la procédure suivante:

- détermination du “tronc” de la branche. Il peut y avoir des morts d'apex dans les ramifications provoquant des relais,
- détermination du premier noeud du tronc et du dernier noeud,
- on mesure le diamètre base et la longueur de la branche,

- en remontant la branche depuis son insertion sur le tronc on donne pour chaque entre-noeud:
  - l'état de la ramification:
    - \* B pour l'existence d'une ramification,
    - \* M s'il y a eu mort de l'apex axillaire,
    - \* E si la branche a été élaguée,
    - \* C si elle est cassée.
  - le nombre de feuilles portées au total sur le noeud en regardant tous les rameaux d'ordre supérieur issu de cet entre noeud,
  - l'ordre maximum relatif de la ramification portée par la branche, on commence à l'ordre 0 sur la branche elle même,
  - la présence d'un relais.
- On terminera la branche en indiquant l'état de son méristème apical (V pour vivant, M pour mort).

Une fiche descriptive est fournie en annexe (fiche B-3).

## 6.4 Mesure de la rigidité des branches d'un arbre

Pour chacun des arbres étudiés, on effectue une mesure de la rigidité. On choisit 3 branches par individu. Les branches choisies doivent avoir les caractéristiques suivantes:

- leur longueur doit être comprise entre 80 et 120 cm,
- on doit constater un début de lignification, cela se traduit par une différence de couleur sur la branche (rouge si la branche n'est pas encore lignifiée),
- elles doivent être plagiotropes et relativement rectilignes,
- leur diamètre doit être compris entre 10 et 20 mm,

Pour chacune des branches on réalise trois mesures en utilisant trois masses d'environ 30, 50 et 100 grammes. Les masses doivent rester les mêmes pendant toute la durée des mesures.

On accroche la masse environ au 2/3 de la longueur de la branche, on mesure la distance L du point d'accrochage de la masse par rapport au point d'insertion de la branche dans le tronc. On mesure le diamètre de la branche au point d'accrochage. On mesure enfin la variation de hauteur due à l'ajout de la charge sur la branche en mm. Le point d'accrochage doit rester le même pendant les trois mesures. Une fiche est fournie en Annexe permettant de noter pour chaque arbre les différentes mesures effectuées (fiche B-4)

Un relevé préliminaire sera effectué de manière à préciser les gammes de diamètre et de longueurs décrites plus haut. Sur 5 clones (et 5 individus par clone), on fera un relevé sur 15 branches par clone (ou moins si 15 n'est pas possible) échantillonnées de façon homogène entre le sommet et la base du tronc de la plante (branches de diamètre > 5mm et de longueur supérieur à 40 cm). Pour chaque branche mesurée, on prendra bien soin de la repérer dans le relevé topologique du tronc de la plante.

## 7. Annexe 3: Protocole C

Le protocole C est relatif à l'observation des arbres dont la taille est entre 2m50 et 6 m environ. Cette taille correspond à des arbres âgés d'environ 1 an, issus de bouture.

Le protocole comprend une description de l'essai à différents niveaux d'observation :

- Le premier niveau correspond à une description synthétique du clone (une description pour chaque répétition du clone).
- Le second niveau correspond à une description synthétique de l'individu.
- Le troisième niveau correspond à une description détaillée de l'individu, i.e. de son tronc jusqu'à une hauteur de 2m environ et de sa cime.

### 7.1 Description synthétique du clone

La description globale des individus d'un clone est identique à la procédure du protocole B.

Ces informations seront renseignées pour l'ensemble des répétitions sur une même fiche, ce qui permettra le rapprochement du comportement global du clone. Cette fiche est fournie en annexe (fiche C-1).

### 7.2 Description synthétique de l'individu

De la même manière que le protocole B, chaque individu est caractérisé par un certain nombre de variables synthétiques mesurables sur le terrain. Outre les variables définies dans le protocole B, on renseigne dans ce protocole les variables suivantes:

- le nombre de réitérations “vraies” sur l'individu,
- l'état de l'élagage: s'il a commencé ou non,
- la dissymétrie spatiale de l'individu:
  - la répartition des diamètres des branches est caractérisée par une note de 0 à 3. Une note de 3 est attribuée aux arbres possédant plusieurs réitérations vraies, et une très forte variabilité dans le diamètre des branches, la note 2 est donnée aux arbres ayant à la fois de “grosses branches” et des branches de diamètres beaucoup plus faible réparties sur l'ensemble du tronc, la note 1 indique une faible variabilité des diamètres sur le tronc, enfin la note 0 renseigne un arbre dont la répartition des branches est très homogène sur le tronc, leur diamètres décroît de façon régulière du pied à la cime de l'individu.
  - l'inclinaison moyenne des branches par rapport à la verticale est renseigné en degrés: (30, 45, 60, 90, 120, 150, 180).
  - la direction de polarisation de l'individu qu'on renseigne en heure, le nord étant représenté par 12h.

### 7.3 Description détaillée de l'individu

Pour chaque individu, la description détaillée s'effectue en deux étapes, une description de la base du tronc jusqu'à une hauteur de deux mètres puis une description de la cime de l'arbre pour une hauteur supérieure.

### 7.3.1 Mesure de la base du tronc

On détermine la première ramification à partir de la base du tronc. La partie inférieure à cette ramification représente le segment S1. A partir de cette ramification, et pour chaque entre noeud jusqu'à une hauteur de 2 m on indique si:

- l'entre noeud est ramifié, avec le même code que le protocole B: R pour réitération, Q pour une quasi réitération, B pour une simple branche, E pour une branche élaguée, C pour une branche cassée,
- la mort éventuelle de l'apex,
- la présence d'un relais, due à une mort d'apex au niveau du tronc ou sur une ramification,
- l'azimut du noeud,
- l'inclinaison moyenne de la branche portée,
- dans le cas des réitérations (notées R) ou des quasi réitérations (notées Q), on relève le diamètre base, le diamètre au niveau de la tige, la hauteur du point d'insertion dans la tige et la longueur de la ramification,
- la déviation relative du tronc.

### 7.3.2 Mesure de la cime

Au delà de 2m, on est contraint de modifier le protocole. Pour cela, on ne repère plus que les événements important arrivant sur le tronc (branches importantes, relais, accidents, coudes, ...) Pour chaque événement, on donnera sa hauteur par rapport au sol, son azimut. Si il s'agit d'une branche, on donnera également son inclinaison moyenne en degrés (30, 45, 60, 90, 120, 150, 180).

D'autre part, le tronc sera considéré comme une suite de segments séparant ces événements remarquables. On notera la déviation relative des segments consécutifs les uns par rapport aux autres dans la colonne prévue à cet effet (ATTENTION: pour noter les déviations relatives, où même les inclinaisons des tronc en général, il ne faut pas hésiter à tourner autour de la plante pour éviter les illusions d'optiques).

## 7.4 Mesure de la rigidité des branches d'un arbre

Le protocole est en tous points identique à la mesure de rigidité dans le protocole B. Il faudra notamment réaliser un essai préliminaire sur 5 clones (5 individus par clone, 15 branches par individu régulièrement réparties sur le tronc).



## 8. Saisie des relevés terrain

La saisie des relevés s'effectue sous Excel. Quatre “macro” Excel ont été écrites afin d'automatiser en partie la transcription des renseignements dans un tableau.

**Nouvelle plante** : on sélectionne dans la première colonne la case d'insertion de la plante. On lance la macro par la combinaison des touches “ctrl” et “t” (pour tige). Il suffit alors de répondre aux questions posées par les boîtes de dialogues. Il faut renseigner les identificateurs de la plante, le nombre d'entre noeuds composant le tronc, la taille de l'arbre, son diamètre base et son diamètre au sommet, et la présence de relais tel qu'ils ont été définis dans les protocoles.

**Branche** : on sélectionne l'entre noeud, et on lance la macro par la combinaison des touches “ctrl” et “b” (pour branche). Les boîtes de dialogues guident l'utilisateur. On renseigne ainsi les dimensions de la branche, le nombre de relais et leur position sur la branche.

**Rameaux** : on sélectionne l'entre noeud, et on lance la macro par la combinaison des touches “ctrl” et “r” (pour rameaux). Les boîtes de dialogues guident l'utilisateur. On renseigne ainsi l'état du rameau, l'ordre maximum atteint sur l'entre noeud et le nombre total de feuilles portés.

**Segments** : on sélectionne l'entre noeud, et on lance la macro par la combinaison des touches “ctrl” et “s” (pour Segments). Dans le cas du protocole C, il n'est pas possible de donner le nombre et la position relative des entre noeuds au delà d'une hauteur de 2 m. Le protocole relève uniquement les branches importantes, la partie située entre deux branches successives est un segment. Pour compléter cette partie de l'arbre, on se place sur la case représentant le dernier entre noeud du tronc et on lance la macro par la combinaison des touches “ctrl” et “s” (pour segments)

**Arguments** : certains des arguments relevés sont entrés directement par l'exécution des macros, certains doivent être complétés manuellement.

Une stratégie pour saisir une plante est donc la suivante:

- rentrer de façon automatique (via la macro) les entre noeuds du tronc et éventuellement les segments qui compose la cime,
- renseigner par colonnes les arguments de chacun des entre noeuds: on rentre toutes les types de ramifications, tous les azimuts, ...etc.

pour chacun des 20 deniers entre noeuds:

- On rentre automatiquement les entre-noeuds de la branche,
- on renseigne manuellement et par colonnes les attributs manquant,
- on rentre automatiquement les rameaux de chaque entre noeud composant la branche.



Clone: Bloc: Arbre: Date : Observateur: Temps: **Description globale du clone**

Angle d'insertion des branches dans le tronc:

Pourcentage d'arbres développés:

Tendance à réitérer:      Oui      Non

[illegible]

Date :  Observateur:  Temps:

N° en:

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

Clone: Bloc: Date : Observateur: Temps: 

## Mesure de rigidité

Arbre n°	lg1	lg2	lg3	$\Phi$ base	$\Phi$ tlg.	lg
en n°						
en n°						
en n°						

Arbre n°	lg1	lg2	lg3	$\Phi$ base	$\Phi$ tlg.	lg
en n°						
en n°						
en n°						

Arbre n°	lg1	lg2	lg3	$\Phi$ base	$\Phi$ tlg.	lg
en n°						
en n°						
en n°						

Arbre n°	lg1	lg2	lg3	$\Phi$ base	$\Phi$ tlg.	lg
en n°						
en n°						
en n°						

Arbre n°	lg1	lg2	lg3	$\Phi$ base	$\Phi$ tlg.	lg
en n°						
en n°						
en n°						

Arbre n°	lg1	lg2	lg3	$\Phi$ base	$\Phi$ tlg.	lg
en n°						
en n°						
en n°						

Arbre n°	lg1	lg2	lg3	$\Phi$ base	$\Phi$ tlg.	lg
en n°						
en n°						
en n°						

Arbre n°	lg1	lg2	lg3	$\Phi$ base	$\Phi$ tlg.	lg
en n°						
en n°						
en n°						

Arbre n°	lg1	lg2	lg3	$\Phi$ base	$\Phi$ tlg.	lg
en n°						
en n°						
en n°						

Clone: Bloc: Arbre: Date : Observateur: Temps: **Description globale du clone**

Angle d'insertion des branches dans le tronc:

Pourcentage d'arbres développés:

Tendance à réitérer:      Oui      Non

## Description globale de l'arbre

**Général:**

Vigueur: 1 2 3 4 5

Attaqu	0	1	2	3	Origine:
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0

### Aspect géométrique du tronc:

Rectitude: Droit Sinuëux Courbé

Coudé Fourchu Buissonnant

Angle moyen / vert.: (en deg.)

Extrémité: érigée retombante

### Ramification:

Hiérarchie tronc-branche:	Faible	Moyen	Fort
---------------------------	--------	-------	------

Tronc: Diamètre homogène: Faible Moyen Fort  
Régulière: Faible Moyen Fort

Branches: Rare    Intermédiaire    Abondante

Rameaux:	Rare	Intermédiaire	Abondante
----------	------	---------------	-----------

Nb de réitérations vraies:

Elagage:	Aucun	Commencé
----------	-------	----------

Base: Courbé Droit Fourchu Coudé

Accident: 0 1 2

## Dissymétrie spatiale

Diamètres des branches: 0 1 2 3

Inclinaison moyenne des branches: 30 45 60 90 120 150 180

Direction de polarisation (en heure):

Remarques: